

RESPUESTA A LA SEQUÍA DE PLÁNTULAS DE *Pinus elliottii* Engelm. SOMETIDAS A DIFERENTES REGÍMENES LUMÍNICOS

C. REZZANO; D. CABRELLI y SILVIA REBOTTARO¹

Recibido: 23/02/06

Aceptado: 20/09/06

RESUMEN

La resistencia al estrés hídrico de plántulas de *Pinus elliottii* Engelm. originadas por regeneración natural, fue evaluada en función de las diferentes situaciones de cobertura y, consecuentemente, de radiación fotosintéticamente activa (RAFA) en las que estas crecieron. Los diferentes regímenes lumínicos fueron determinados utilizando la metodología de fotografía hemisférica. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la cantidad de plántulas muertas y los niveles de potencial agua que causaron esa mortandad para las diferentes situaciones. Las plántulas creciendo bajo dosel fueron más sensibles a la sequía, posiblemente debido a un menor desarrollo ontogénico.

Palabras clave. *Pinus elliottii* Engelm., regeneración natural, estrés hídrico, radiación solar, fotografía hemisférica.

DROUGHT STRESS RESPONSE OF *Pinus elliottii* Engelm. SEEDLINGS UNDER DIFFERENT LIGHT REGIMES

SUMMARY

Drought resistance of *Pinus elliotti* Engelm. natural regenerated seedlings was evaluated through different overstory cover treatments and consequently photosynthetic active radiation (PAR) conditions. Significant differences between canopy cover environments for both seedling mortality and critical water potential levels were found. Additionally, below canopy seedlings exhibited lower drought stress resistance, and this might be due to a younger ontogeny stage.

Key words. *Pinus elliottii* Engelm., natural regeneration, drought stress, solar radiation, hemispheric photograph.

INTRODUCCIÓN

La regeneración natural de *Pinus elliotti* Engelm. con diferente grado de desarrollo (Lombardi, 1982; Cozzo *et al.*, 1988; Cozzo, 1990; Torres *et al.*, 1994; Rezzano *et al.*, 1997a; Rezzano *et al.*, 1997b), podría ser un recurso factible de ser aprovechado, reduciendo el impacto causado por los planteos productivos tradicionales. La existencia de rodales adultos originados a partir de regeneración natural (Cozzo *et*

al., 1988; Torres *et al.*, 1994), demuestra la potencialidad del fenómeno para ser utilizado productivamente y puede constituir una alternativa válida complementaria a la plantación.

La dinámica del proceso ha sido estudiada en la Argentina (Cozzo *et al.*, 1988; Cozzo, 1990; Torres *et al.*, 1994; Winckler *et al.*, 1997; Cabrelli *et al.*, 1997; Rebottaro *et al.*, 1997; Rezzano *et al.*, 1997; Cabrelli *et al.*, 2001; Rebottaro *et al.*, 2001; Rezzano, 2004)

¹Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA). Grupo de Regeneración Natural de Pinos Subtropicales (GRNPS). Av. San Martín 4453 (C1417DSE), Buenos Aires.

y en otros países (Cain, 1987, 1991; Langdon, 1981; Brassiolo y Seitz, 1988; Cozzo y Tuset, 1996; Richardson y Higgins, 1998).

La variabilidad espacial y temporal de microambientes lumínicos bajo dosel, marca fuertes diferencias cuali y cuantitativas en cuanto al establecimiento y crecimiento de las plántulas regeneradas (Cabrelli *et al.*, 2001), por lo que resulta de interés evaluar los procesos involucrados. *Pinus elliottii* pertenecen al grupo de las especies heliófitas (Withmore, 1989), con lo cual es exigente en cuando a disponibilidad de luz.

Por otra parte, Vance y Zaerr (1991) hallaron que las plántulas de *Pinus ponderosa* establecidas bajo doseles cerrados o sea con regímenes de baja irradiancia, eran mucho más susceptibles a las situaciones de estrés hídrico.

El objetivo del presente trabajo consiste en analizar el efecto combinado de la radiación y el estrés hídrico sobre el establecimiento de plántulas de regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de las categorías de ambientes lumínicos

Con el objeto de caracterizar los microambientes lumínicos que se estudiaron y determinar el comportamiento de la radiación a lo largo del año, se utilizó la técnica de la fotografía hemisférica (Anderson, 1964; Chazdon *et al.*, 1988; Whitmore *et al.*, 1984).

Se tomaron fotos a 50 cm de altura, una en el centro de cada una de las parcelas permanente pertenecientes a un ensayo ubicado en la EEA Concordia INTA y con diferentes niveles de cierre del dosel superior. La cantidad fue de 5 fotos a cielo abierto, y 5 bajo dosel. Se usó una cámara Nikon tipo "reflex" modelo FM2, con una lente hemisférica (Nikkor modelo 8mm F/2.8) y se realizó la digitalización de los negativos con un scanner (Nikon modelo coolscan/1000). Las fotos se procesaron con el programa Hemiview versión 2.1 (Delta T Devices 1999). Para cada fotografía se determinaron los valores de radiación directa, difusa y global por medio de los parámetros DSF, ISF y GSF. Dichos parámetros representan el valor porcentual de la radiación bajo dosel.

Niveles limitantes de estrés hídrico para diferentes regímenes de radiación

El experimento se realizó en el predio de la Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Se instalaron 3 macetas plásticas de 50 cm x 24 cm, en cada uno de los 2 niveles de apertura definidos en Concordia, bajo dosel cerrado y apertura. En ambos casos el período considerado fue trimestral involucrando los meses de septiembre a diciembre. Bajo dosel se ubicaron además tres testigos regados para asegurar de que la mortandad detectada en esa situación fuese a causa del estrés hídrico y no de la falta de luz.

En cada maceta se instaló un termómetro de $\pm 40^{\circ}\text{C}$ y un sensor de humedad (Watermak soil moisture sensor US Irrrometer Co. Delta T Devices 2000).

Las plantas para el ensayo se obtuvieron a partir de semillas provenientes del huerto semillero del INTA Concordia, las cuales fueron germinadas en estufa con temperatura alternada de 20/30 $^{\circ}\text{C}$.

Cuando las plántulas presentaron su radícula desrollada (se tomo como referencia un largo de al menos 3 cm) se procedió al trasplante, operación que fue realizada manualmente repicando 15 plántulas a cada maceta, utilizando como sustrato el de los lotes en estudio en los experimentos de Concordia. Previo al repique, se realizaron tratamientos con Benomyl a fin de evitar daños por presencia de "damping off".

Al momento del trasplante se procedió a regar para llevar la lectura de los sensores de humedad de las macetas a 0 MPa, se regó para mantener ese valor hasta que las plántulas comenzaron a desplegar el primer verticilo de hojas primarias (Rosa Larrieu *et al.*, 1995). A partir de ese momento el riego fue interrumpido en todas las macetas del experimento, salvo las que representaban los testigos. Para evitar el ingreso de agua de lluvia, se cubrieron las macetas con fundas de polietileno ante la ocurrencia de precipitaciones.

Los datos se registraron con una frecuencia diaria entre el 26 de septiembre de 2000 y el 3 de enero de 2001.

Las lecturas se tomaron a las 12 horas cada día y consistieron en relevar la temperatura del termómetro de cada maceta para calibrar los registradores y, la determinación del potencial, agua con un sensor del tipo Watermark soil moisture meter en centibares o Kilopascuales (rango de 0 a 200), además se contó en cada toma de datos la cantidad de plantas vivas y muertas en cada situación.

Los datos obtenidos se trataron estadísticamente (SAS, 1997), para estimar el nivel de potencial agua que produce la muerte de las plántulas para cada régimen lumí-

nico estudiado. También se compararon ambos tratamientos a los efectos de determinar la existencia de diferencias entre los niveles de potencial agua que provocaban la muerte de las plántulas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de las categorías de ambientes lumínicos

Los valores de radiación fotosintéticamente activa (RFA) directa, difusa y total expresados en $\text{Mj. m}^{-2} \text{año}^{-1}$ tomadas en las parcelas permanentes se detallan en el Cuadro 1.

Estos valores se utilizaron para fijar los ensayos controlados de resistencia al estrés hídrico en la Cátedra de Dasonomía.

Resistencia al estrés hídrico en función del nivel de irradiancia

De las mediciones realizadas en las distintas situaciones de apertura consideradas, se hallaron diferencias significativas en cuanto a los niveles de potencial agua que causaron mortandad de plántulas (Figura 1), habiendo ocurrido la mortandad de aquellas que se hallaban bajo dosel en valores mucho más altos de potencial (valores más próximos a 0). Puede verse que en valores de potencial agua (ψ_a) de $-0,069 \text{ Mpa}$. se produce aproximadamente el 50% de la mortandad acumulada de plántulas para la curva promedio bajo dosel.

CUADRO 1. Valores de radiación difusa, directa y total en $\text{Mj. m}^{-2} \text{año}^{-1}$ obtenidos por medio de fotografía hemisférica.

Lote	Dosel Cerrado	Apertura
Radiación Difusa	588	1.319
Radiación Directa	800	1.633
Radiación Total	1.388	2.952

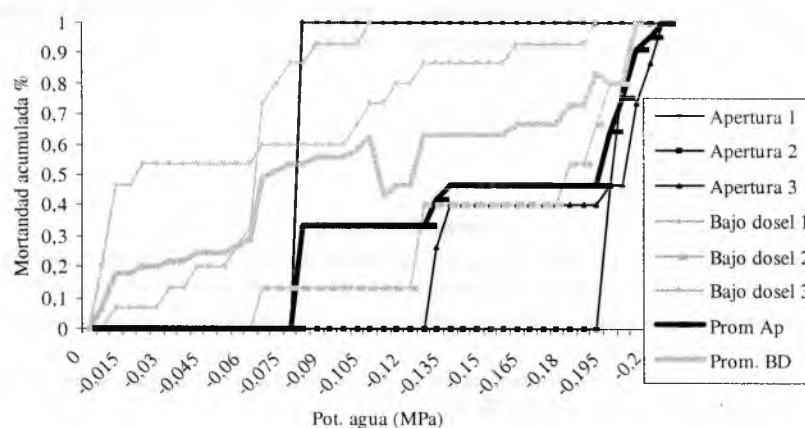


FIGURA 1. Mortandad acumulada en función del potencial agua bajo dosel y a cielo abierto para cada maceta y en promedio por tratamiento (líneas gruesas).

La mortandad para los tratamientos bajo dosel, comenzó en valores de Ψ_a del orden de -0,01 MPa mientras que en apertura no hubo mortandad hasta alcanzar valores del orden de -0,08 MPa, lo cual estaría indicando una mayor sensibilidad de las plántulas desarrolladas bajo dosel.

Esto coincide con lo descrito por Noland *et al.*, 1997 para *Pinus banksiana* Lamb. quien plantea que los bajos niveles de irradiancia reducen significativamente las tasas de fotosíntesis, el potencial de crecimiento de raíces y el contenido total de carbohidratos (en particular almidón) contenido en acículas y raíces. Otros autores (Vance y Zaerr, 1991; Abrams y Mostoller, 1995; Daniel *et al.*, 1982) plantean que plántulas que crecieron bajo dosel, o sea en ambientes de baja irradiancia, son mucho más susceptibles a las sequías que las que lo hicieron a cielo abierto. Esto obedece fundamentalmente a diferencias estructurales entre ellas, presentando las primeras raíces más finas y cortas, cutículas más delgadas, etc.

Esto se vería reforzado si se considera que la mortandad de plántulas en las macetas regadas (testigos) fue muy baja (14%), lo que se manifiesta al compararlas con las macetas de tratamiento con sequía cuya mortandad fue del 98%. De esa comparación por medio del test LSD (t student, proc Ttest SAS, 1997) se observan diferencias significativas en la mortandad de plantas entre tratamiento y testigo ($\text{Prob} > |T| = 0,0001$).

Del análisis estadístico de los datos obtenidos para las variables potencial agua y mortandad de

plántulas acumulada por medio de la prueba de Wilcoxon (SAS, 1997), se desprenden diferencias significativas entre las dos situaciones de cobertura consideradas (Cuadro 2).

CUADRO 2. Resultados del análisis de diferencias de a pares no paramétrico de Wilcoxon entre las dos situaciones de cobertura analizadas.

Potencial agua	Mortandad de plántulas acumulada
Prob > Z = 0,0001	Prob > Z = 0,0001

CONCLUSIONES

De lo analizado, podría concluirse que las condiciones de dosel cerrado no resultan adecuadas para el establecimiento de las plántulas provenientes de regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm. Fundamentalmente esto obedecería a las características estructurales de estas plantas que las hacen poco resistentes a las deficiencias en la disponibilidad de agua respecto de aquellas que crecieron en apertura.

Estas características de las plántulas podrían revertirse aplicando tratamientos de apertura que les permitan contar con un ambiente lumínico suficiente para alcanzar niveles de crecimiento adecuados y así poder pasar la difícil etapa de establecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMS, M.D. and S.A. MOSTOLLER. 1995. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. *Tree Physiology* 15: 361-370.
- ANDERSON, M.C. 1964. Studies of the woodland light climate. I. The Photographic Computation of light condition. *Journal of Ecology* 52: 27-41.
- BRASSIOLO, M.M. y R.A. SEITZ. 1988. Regeneración de *Pinus elliottii* bajo cubierta. *Actas 6º Congreso Forestal Argentino*, Santiago del Estero Argentina p 30-32.
- CABRELLI, D.; S.L. REBOTTARO and C.E. WINCKLER. 1997. Dinámica de poblaciones jóvenes de regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm. en el subtropical húmedo de Argentina. 1997. XI Congreso Forestal Mundial - Antalya - Turquía.

- CABRELLI, D.A.; S.L. REBOTTARO; C.E. WINCKLER; C.A. REZZANO and A.J. TORRES. 2001. Slash pine natural regeneration in silvicultural gaps in Argentina. Eleventh biennial Souther Silvicultural Research Conference - Knoxville, Tennessee - USA.
- CAIN, M.D. 1987. Site-Preparation technique for establishing natural pine regeneration on small properties. *Southern J. of Applied Forestry* 11: 41-45.
- CAIN, M.D. 1991. Importance of Seedyer, Seedbed, and Overstory for Establishment of Natural Loblolly and Shortleaf Pine Regeneration in Southern Arkansas. USDA Forest Service. 50-268, 1-10. Research paper Southern Forest Experiment Station.
- CHAZDON, R.L.; U. WILLIAMS and C.B. FIELD. 1988. Interactions between crown structure and light environment in five rain forest piper species. *Journal of Botany* 75: 1459-1471.
- COZZO, D.; D. CABRELLI; S. COZZO; J. DARRAIDOU; J. GAMBINI; C. REZZANO; M.R. ROSA LARRIEU y A.J. TORRES. 1988. Introducción a una propuesta de plantaciones asilvestradas como alternativa de transición entre la economía maderera y la conservación ambiental. Primeros resultados obtenidos en la Argentina en *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*. 1-71. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA).
- COZZO, D. 1990. La conversión de plantaciones forestales convencionales de especies exóticas en sistemas silviculturales asilvestradas: mutualismo en lugar de antagonismo entre la producción maderera y la protección ambiental. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA). 1-44.
- COZZO, D. y R. TUSET. 1996. La ocurrencia de masivas regeneraciones seminales de *Pinus taeda* en la región de "Piedras Coloradas" Uruguay. *Quebracho* (4): 35-42 UNSE.
- DANIEL, W.P.; J.A. HELMS y F. BAKER. 1982. Principios de Silvicultura. Mejico: p. 1-492.
- LANGDON, O.G. 1981. Natural Regeneration of loblolly pine: A sound strategy for many forest landowners. *Southern Journal of Applied Forestry* 4: 170-176.
- NOLAND, T.L.; G.H. MOHAMMED and M. SCOTT. 1997. The dependence of root growth potential on light level, photosynthetic rate and root starch content in Jack pine seedlings. *New Forests* 13: 105-119.
- REBOTTARO, S.L.; D.A. CABRELLI; C.E. WINCKLER and A.J. TORRES. 1997. Efecto del raleo temprano (precomercial) sobre la regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm. establecida luego de la tala rasa. *Actas II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*, Comisión Bosque Cultivado; Posadas, agosto de 1997.
- REBOTTARO, S.L.; D.A. CABRELLI; C.E. WINCKLER; C.A. REZZANO and A.J. TORRES. 2001. Precomercial thinning of Slash Pine natural regeneration in Argentina. Eleventh biennial Souther Silvicultural Research Conference - Knoxville, Tennessee - USA March 2001.
- REZZANO, C.; E.D. BORODOWSKI; A.J. TORRES y A. SCOPEL. 1997. L. Dinámica de la caída de acículas y semillas en rodales de *Pinus elliottii* ENGELM. Con diferentes manejos silvícolas y su relación con el proceso de regeneración natural bajo dosel en la Mesopotamia Argentina. XI Congreso Forestal Mundial Turquía.
- REZZANO, C.; E.D. BORODOWSKI; A.J. TORRES y R.F. BENITEZ. 1997. Patrón estacional de la caída de acículas y semillas en poblaciones de *Pinus elliottii* Engelm. y su efecto sobre el proceso de regeneración natural. 1997. II Congreso Forestal Nacional y Latinoamericano AFOA Posadas, Agosto 1997.
- REZZANO, C.A. 2004. "Efecto de factores microambientales sobre la regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm. en la mesopotamia argentina". Tesis para optar al grado de M. Sc. EPG FAUBA.
- RICHARDSON, D.M. and S.I. HIGGINS. 1998. Pines as invaders in the southern hemispheres. In: *Ecology and Biogeography of Pinus*, edited by D.M. Richardson. Cape Town, South Africa: Cambridge University press, 1998, p. 450-473.
- ROSA LARRIEU, M.; A. TORRES y J. PINOS. 1995. Guía de trabajos prácticos de la Cátedra de Dasonomía. CIFA FAUBA
- SAS INSTITUTE. 1997. The SAS System.(2). SAS User's guide: statistics, 1997 Edition. Cary nc. USA.
- TORRES, A.J.; D. CABRELLI; C.E. WINCKLER; S.L. REBOTTARO y C. REZZANO. 1994. Evaluación preliminar de la regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm. en Gualaguaychú, provincia de Entre Ríos. *Revista de la Facultad de Agronomía* 14: 219-227.
- VANCE, N.C. and J.B. ZAERR. 1991. Influence of drought stress and low irradiance on plant water relations and structural constituents in needles of *Pinus ponderosa* seedlings. *Tree Physiology* 8: 175-184.
- WHITMORE T.C. 1984. Gap Size and Species Richness in Tropical Rain Forests. *Biotropica* 16: 239-239.
- WHITMORE T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* 70: 536-538.
- WINCKLER, C.E.; D. CABRELLI y S.L. REBOTTARO. 1997. Dinámica de poblaciones jóvenes de regeneración natural de *Pinus elliottii* Engelm. en el subtrópico húmedo de Argentina. 1997. II Congreso Forestal Nacional y Latinoamericano AFOA Posadas Agosto 1997.